



SKRIPSI - ME 141501

ANALISIS MAKROALGA SEBAGAI BAHAN BAKU BIODIESEL (*KAPPAPHYCUS ALVAREZII*)

YUGO ADI PRAWITA
NRP 4213 100 087

Dosen Pembimbing
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - ME 141501

ANALYSIS OF MACROALGAE AS BIODIESEL FEEDSTOCK (*KAPPAPHYCUS ALVAREZII*)

YUGO ADI PRAWITA
NRP 4213 100 087

Supervisors
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS MAKROALGA SEBAGAI BAHAN BAKU BIODIESEL (*KAPPAPHYCUS ALVAREZII*)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Yugo Adi Prawita
NRP 4213 100 087

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., P.hD



SURABAYA
Agustus, 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS MAKROALGA SEBAGAI BAHAN BAKU BIODIESEL (*KAPPAPHYCUS ALVAREZII*)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada


Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Yugo Adi Prawita
NRP 4213 100 087

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :




Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

Halaman ini sengaja dikosongkan

Analisis Makroalga Sebagai Bahan Baku Biodiesel (*Kappaphycus Alvarezii*)

Nama Mahasiswa : Yugo Adi Prawita
NRP : 4213 100 087
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

Abstrak

Teknologi yang berkembang pesat meningkatkan pertumbuhan konsumsi energi pada semua aspek penunjang kehidupan. Bahan bakar tak terbarukan dalam berbagai macam hasil minyak bumi masih mendominasi sebagai pasokan utama dalam memenuhi kebutuhan energi tersebut. Biodiesel hadir sebagai alternatif energi terbarukan yang berasal dari minyak tumbuh-tumbuhan atau hewan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada motor diesel. Biodiesel dari tumbuhan makroalga menunjukkan potensi sebagai salah satu bahan baku terbaik diantara bahan baku lainnya. Beberapa tahapan yang dibutuhkan untuk mendapatkan bahan baku biodiesel dari makroalga yaitu pengeringan dan ekstraksi. Pengeringan untuk mengurangi kadar air pada makroalga menggunakan panas matahari dan oven menghasilkan hingga 15% makroalga kering. Ekstraksi minyak makroalga dilakukan dengan metode soxhlet menggunakan pelarut n-hexane (*Hexane Solvent Soxhlet*) hingga 7 kali siklus dalam 2,5 jam. Hasil yang didapatkan yaitu minyak makroalga *Kappaphycus Alvarezii* mempunyai *yield* sebesar 1,672 %, densitas sebesar 849 kg/m³, viskotas 6 cSt dan kadar FFA (*free fatty acid*) sebanyak 8,96%.

Kata Kunci : Makroalga, Bahan Baku, Biodiesel, Soxhlet, *Kappaphycus Alvarezii*

Halaman ini sengaja dikosongkan

Analysis of Macroalgae As Biodiesel Feedstock (*Kappaphycus Alvarezii*)

Student Name : Yugo Adi Prawita
NRP : 4213 100 087
Department : Marine Engineering
Supervisor : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

Abstract

*Rapid growing in technology increases the growth of energy consumption in all aspects of life support. Non-renewable fuels in a wide range of petroleum products still considered as main source to comply these energy needs. Biodiesel comes as an alternative of renewable energy derived from vegetable or animal oils to provide the fuel needs of diesel motors. Biodiesel from macroalgae plant shows higher potential as one of raw material from other resource. Some of the steps required for obtained biodiesel feedstock from macroalgae are drying and extracting. Drying is needed to reduce water content in macroalgae that can using the sunlight or dryer oven, drying process produce up to 15% dry macrolaga. The extraction of macroalgae oil was done by the soxhlet method using n-hexane solvent (Hexane Solvent Soxhlet) up to 7 cycles for 2,5 hours. The results obtained are macroalgae oil *Kappaphycus Alvarezii* has yield of 1, 672%, density of 849 kg / m³, viscosity 6 cSt and Free Fatty Acid 8,96%.*

Keywords : Macroalgae, Raw Material, Biodiesel, Soxhlet, *Kappaphycus Alvarezii*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil ‘alamin, puji syukur kehadiran Allah S.W.T karena berkat limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga skripsi dengan judul **“Analisis Makroalga Sebagai Bahan Baku Biodiesel”** ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Aguk Zuhdi M.F., M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dorongan, arahan, dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan dan dosen wali penulis yang selalu membantu dan memotivasi selama waktu perkuliahan.
3. Annisaa Rhaudiyah Reza, Renova Panjaitan dan Heri Septya Kusuma, ST., MT. selaku anggota Laboratorium Teknologi Proses yang telah banyak membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
4. Sriyono, Sumiyati serta Yogi Adi Prawita A.Md., Yohani Prawita Sari, SH. dan Yustin Prawita Sari, S.Psi selaku orang tua dan kakak-kakak dari penulis yang selalu memdoakan serta memberikan bantuan dalam bentuk moral maupun material.
5. Teman-teman anggota dan alumni Laboratorium *“Marine Power Plant”* yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman seangkatan BARAKUDA (Barisan Arek Siskal Ulet Disiplin dan Amanah) yang telah menemani serta membantu penulis selama menjalani waktu perkuliahan.
7. Teman-teman Kontrakan “BB7” Andwi, Edo, Made dan Wawan yang telah memberikan tempat bernaung serta dorongan semangat selama mengerjakan skripsi ini.
8. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari pula bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu perlunya saran dan masukan demi membangun kebaikan dan kemajuan skripsi ini. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya, amin.

Surabaya, Agustus 2017

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Skripsi	2
1.4 Manfaat Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Studi Literatur.....	3
2.2 Alga	4
2.3. Biodiesel.....	5
BAB III METODOLOGI	7
3.1. Studi Literatur.....	7
3.2. Pengumpulan Data	8
3.3. Pembuatan Biodiesel	8
3.4. Uji Karakteristik.....	9
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	11
4.1 Proses Produksi Biodiesel	11
4.1.1 Makroalga (Kappaphycus Alvarezii)	11
4.1.2 Pengeringan Makroalga.....	12
4.1.3 Ekstraksi Minyak.....	14
4.2 Uji Karakteristik.....	19
4.2.1 Densitas	19
4.2.2 Viskositas	20
4.2.3 Free Fatty Acid (FFA).....	21
4.3 Pembahasan	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	29

5.1.	Kesimpulan.....	29
5.2.	Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....		31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Prediksi Produksi & Konsumsi Bahan Bakar	3
Gambar 2.2. Proses Pembentukan <i>Fatty Acid Methyl Ester</i> (FAME)	6
Gambar 3.1. Flowchart Metodologi Penelitian	7
Gambar 4.1. Macroalga <i>Kappaphycus Alvarezii</i>	11
Gambar 4.2. <i>Kappaphycus Alvarezii</i> Basah	12
Gambar 4.3. Pengeringan Makroalga	13
Gambar 4.4. Pemanasan Dengan Oven	13
Gambar 4.5. Makroalga Kering	13
Gambar 4.6. Bubuk Makroalga	14
Gambar 4.7. Menimbang Makroalga	15
Gambar 4.8. Penyesuaian Ukuran Kertas Saring	15
Gambar 4.9. Pembentukan Kertas Saring	16
Gambar 4.10. Kertas Saring Yang Terisi Makroalga	16
Gambar 4.11. Pelarut N-Hexane	16
Gambar 4.12. Rangkaian Soxhlet	17
Gambar 4.13. Siphon Soxhlet	18
Gambar 4.14. Minyak Hasil Ekstraksi	18
Gambar 4.15. Berat Kosong Botol Pycnometer	19
Gambar 4.16. Berat Terisi Botol Pycnometer	20
Gambar 4.17. Viscometer Ostwald	21
Gambar 4.18. Larutan NaOH	22
Gambar 4.19. Buret Dan Larutan	22
Gambar 4.20. Larutan Berubah Kemerahan	23

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Potensi Produktifitas Minyak	4
Tabel 3.1. Standar SNI Biodiesel	9
Tabel 4.1. Karakteristik Minyak Makroalga	23
Tabel 4.2. <i>Yield</i> Makroalga Hijau	23
Tabel 4.3. <i>Yield</i> Makroalga Cokelat	24
Tabel 4.4. <i>Yield</i> Makroalga Merah	24

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi menuntut akan kebutuhan energi yang lebih melimpah. Energi yang digunakan hingga kini masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar minyak yang berasal dari fosil. Bahan bakar minyak (BBM) yang merupakan produk yang terbentuk dalam waktu ratusan juta tahun menjadi energi yang tak terbarukan karena lama waktu produksi bila dibandingkan dengan jumlah konsumsinya saat ini menjadi sangat tidak seimbang. Energi yang tak terbarukan tersebut menjadi sangat rentan akan terjadinya krisis akibat sumber ketersediaannya yang terbatas. Belajar dari krisis energi yang pernah terjadi sebelumnya, beberapa negara berkembang di dunia bergerak untuk mengembangkan energi hijau yang terbarukan.

Indonesia merupakan salah satu dari negara yang rentan akan bahaya dari krisis energi. Pasalnya produksi bahan bakar minyak di Indonesia saat ini telah mengalami defisit dengan kebutuhan konsumsinya yang kian naik setiap tahunnya sehingga impor menjadi salah satunya pilihan untuk mencegah kosongnya pasokan bahan bakar. Pilihan lain yang dapat diambil dalam menghadapi defisit tersebut ialah dengan adanya diversifikasi energi selain bahan bakar minyak dari fosil. Bahan bakar minyak terbarukan yang dapat diproduksi sebagai sumber bahan bakar minyak selain fosil salah satunya ialah biodiesel [Kuncahyo *et al*, 2013].

Biodiesel bisa didapatkan dari ekstraksi minyak yang ada pada tumbuh-tumbuhan maupun pada hewan. Tumbuh – tumbuhan mempunyai kandungan minyak yang berbeda pada setiap jenisnya sehingga potensi pada setiap jenisnya berbeda - beda. Kelapa sawit, jarak pagar, alga dan karet merupakan tumbuh-tumbuhan dengan potensi produksi yang lebih banyak daripada tumbuhan lainya [Kuncahyo *et al*, 2013]. Alga sebagai bahan baku biodiesel mempunyai prediksi potensi budidaya lebih besar karena habitat tumbuhnya yang berada di dalam perairan sehingga keberadaanya tidak bersaing dengan penggunaan lain di darat [Suwandi *et al*, 2016].

Alga mempunyai 3 komponen zat utama yang terkandung didalamnya yaitu karbohidrat, protein dan *Triacylglycerols*. Karbohidrat dan protein dapat dijadikan produk industri sedangkan *Triacylglycerols* dapat diubah menjadi *fatty acid*. *Fatty acid* merupakan produk dari alga yang berupa minyak nabati. Kandungan minyak nabati pada alga dapat mencakup lebih dari 50% beratnya. Minyak nabati tersebut yang nantinya digunakan sebagai bahan baku biodiesel [Zuhdi, 2005].

Proses pembuatan biodiesel dari alga terdiri dari proses pengeringan, ekstraksi alga menjadi minyak nabati dan esterifikasi minyak nabati menjadi *Methyl ester* [Zuhdi, 2005]. Pengeringan alga menggunakan sinar matahari ataupun oven pengering sedangkan ekstraksi minyak alga menggunakan metode soxhlet dengan pelarut n-hexane yang hasilnya dipisahkan melalui distilasi [Ahmed *et al*, 2005]. Minyak nabati

alga yang telah diekstrak merupakan senyawa *Triacylglycerols* yang selanjutnya dilakukan proses esterifikasi. Proses esterifikasi *Triacylglycerols* menjadi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) yang selanjutnya disebut dengan biodiesel dilakukan dengan pencampuran minyak nabati dengan alkohol dan katalis yang dapat berupa asam maupun basa [Zuhdi, 2005].

Pada penelitian oleh Suwandi dkk (2016) jenis alga yang cocok untuk dibudidayakan di Indonesia yaitu alga dengan jenis *Kappaphycus Alvarezii*. Minyak mentah makroalga *Kappaphycus Alvarezii* diprediksi dapat diproduksi hingga 48 juta barrel per tahun pada lahan perairan dangkal yang tersedia di beberapa wilayah pantai di Indonesia. Penelitian ini akan membahas analisis proses produksi dan karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari jenis *Kappaphycus Alvarezii* sehingga dapat diketahui jumlah dan karakteristik yang dihasilkan.

1.2 Perumusan Masalah

Makroalga merupakan salah satu alternatif bahan baku biodiesel yang cukup berpotensi. Makroalga berjenis *Kappaphycus Alvarezii* cocok untuk dikembangkan di daerah perairan Indonesia serta memiliki kandungan asam lemak terbaik. Oleh karena itu penelitian makroalga sebagai bahan baku biodiesel memiliki rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana produksi biodiesel dari makroalga *Kappaphycus Alvarezii* ?
2. Bagaimana karakteristik dari biodiesel makroalga *Kappaphycus Alvarezii* ?

1.3 Tujuan Skripsi

Untuk menjawab semua pertanyaan yang terdapat pada perumusan masalah di atas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui proses produksi biodiesel dari makroalga *Kappaphycus Alvarezii*.
2. Untuk mengetahui karakteristik dari biodiesel makroalga *Kappaphycus Alvarezii*.

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menambah pengetahuan produksi biodiesel dari makroalga berjenis *Kappaphycus Alvarezii*.
2. Memberikan referensi biodiesel dari bahan makroalga *Kappaphycus Alvarezii* sebagai acuan penelitian lanjutan yang lebih komprehensif.

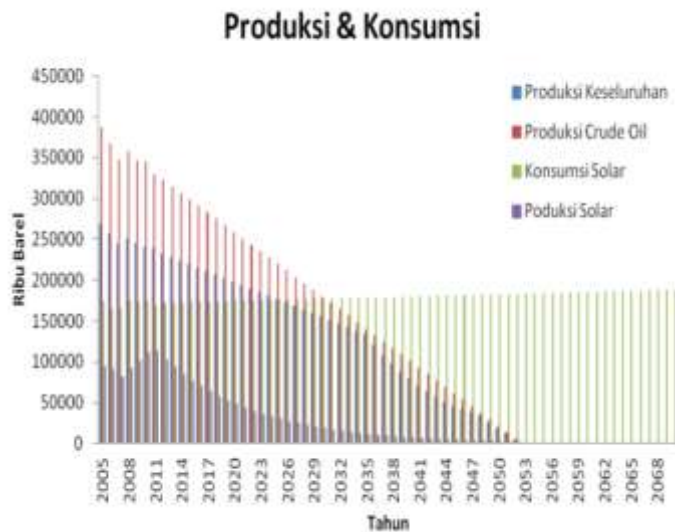
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Menurut Kuncahyo dkk (2013) saat ini indonesia sedang mengalami krisis energi, terutama energi bahan bakar minyak. Dari tren data produksi dan konsumsi bahan bakar yang telah dianalisis, diperkirakan indonesia akan mengalami penurunan dalam produksi bahan bakar dan habis pada tahun 2053. Salah satu solusi untuk hal tersebut ialah dengan alternatif bahan bakar minyak dengan menggunakan biodiesel yang berasal dari tumbuh – tumbuhan.

Pemilihan bahan baku biodiesel perlu diupayakan untuk mengetahui jenis bahan baku biodiesel yang dapat dikembangkan secara luas. Kriteria yang dibutuhkan sebagai bahan baku biodiesel ialah mudah tumbuh, mudah dikembangkan secara luas, dan mengandung minyak nabati yang cukup besar [Zuhdi, 2005]. Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi sehingga kini terdapat lebih dari 50 jenis bahan baku untuk biodiesel yang ada di indonesia. Dari 50 lebih jenis tersebut didapatkan 6 jenis dengan potensi karakteristik dan ketersediaan yang baik yaitu minyak jelantah, kelapa sawit, jarak pagar, karet, dan alga.[Kuncahyo *et al*, 2013]



Gambar 2.1. Prediksi Produksi & Konsumsi Bahan Bakar

Potensi alga menjadi bahan bakar biodiesel menurut Kuncahyo dkk (2013) tidak lebih besar daripada jarak pagar ataupun kelapa sawit. Potensi lebih pada alga lebih kepada wilayah pertumbuhannya yang merupakan perairan dangkal sehingga tidak mengganggu lahan di darat [Suwandi *et al*, 2016]. Kandungan minyak pada alga termasuk tinggi yaitu mencapai lebih dari 60% untuk beberapa jenis alga, alga juga dapat mudah tumbuh dimana saja bahkan di daerah lembab ataupun bersalju. Kondisi geografis indonesia yang mempunyai perairan dangkal yang luas juga sangat sesuai untuk

perkembangan alga [Zuhdi, 2005].

Tabel 2.1. Potensi Produktifitas Minyak

No.	Bahan Baku	Lahan Berpotensi	Produktifitas	Besar Produksi Biodiesel (RB)
1	Minyak Jelantah	Kawasan Indonesia	6.43 juta ton/tahun	45515
2	Kelapa Sawit	12.400.000 ha	5.000 kg/ha	438876
3	Kelapa Sawit	3.860.000 ha	2,260 kg/ha	238455
4	Jarak Pagar	49.531.700 ha	1.590 kg/ha	557482
5	Karet	524.600 ha	217 kg/ha	3989,6
6	Alga	700.000 ha	58.700 kg/ha	258867

Suwandi dkk (2016) telah melakukan penelitian terhadap prediksi potensi budidaya alga di indonesia. Hasil penelitian tersebut yakni makroalga berjenis *Kappaphycus Alvarezii* lah yang cocok dibudidaya di indonesia dengan kandungan asam palmitic hingga 42,4% setiap 100 gram-nya. Prediksi perairan dangkal di indonesia yang cocok untuk budidaya alga yaitu seluas 12.735.510 hektar. Dari hasil prediksi tersebut diperkirakan dalam setahun dapat dipanen sebanyak 32.748.455.830,8 Ton alga kering sehingga dapat dihasilkan crude oil alga sebesar 48.576.682,8 Barrel.

2.2 Alga

Alga merupakan tumbuhan autotrof dan fotosintesis [Zuhdi, 2005]. Alga mempunyai rentang ukuran yang berbeda-beda dari organisme ber-sel tunggal hingga ber-sel banyak yang kompleks [Wagner, 2007]. Alga tidak mempunyai akar, batang dan daun sejati seperti tumbuhan lainnya [Zuhdi, 2005].

Seperti tumbuhan lainnya, alga membutuhkan 3 hal utama untuk dapat tumbuh yaitu cahaya, CO₂ dan air. Walaupun sinar matahari terhalang oleh air, alga dapat dengan efektif menangkap cahaya dari sinar tersebut sehingga dapat berfotosintesis dengan baik [Wagner, 2007].

Alga dapat tumbuh didaerah perairan mana saja bahkan didaerah yang basah dan lembab seperti pegunungan dan daerah salju [Suwandi *et al*, 2016]. Alga terbagi menjadi 2 menurut ukuranya yaitu mikro dan makro alga. Alga mikro berukuran sangat kecil dan hanya bisa dilihat melalu mikroskop sedangkan alga makro berukuran besar sehingga dapat dilihat tanpa bantuan alat.

Zat utama yang terkandung didalam alga yaitu karbohidrat, protein dan Triacyglycerols. Karbohidrat dapat difermentasikan menjadi alkohol, protein dapat diolah menjadi produk industri dan Triacyglycerols dapat diubah menjadi lemak asam.

Lemak Asam atau yang lebih dikenal dengan *fatty acid* (FTA) merupakan produk alga yang berupa minyak nabati. Kandungan minyak nabati dalam alga sangat besar. Minyak nabati merupakan bahan baku pembuatan biodiesel [Zuhdi, 2005].

Menurut Wagner (2007) kelebihan biodiesel dari alga adalah :

- a. Pertumbuhan yang cepat
- b. Jumlah yang besar perluasan areanya
- c. Tidak mengandung sulfur
- d. Tidak beracun
- e. Mengonsumsi CO₂

2.3. Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar yang terbuat dari asam lemak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan atau hewan-hewan. Biodiesel merupakan bahan bakar yang terbarukan sehingga mempunyai potensi cadangan yang tak terbatas.

Kelebihan Biodiesel dibandingkan solar adalah :

- a. Ramah lingkungan
- b. Nilai Cetane lebih baik
- c. Memiliki sifat pelumasan
- d. Biodegradable
- e. Merupakan energi yang dapat diperbarukan
- f. Meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal.

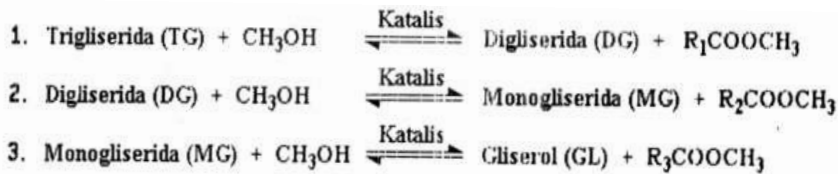
Bahan-bahan pembuatan biodiesel adalah :

- a. Trigliserida yaitu komponen utama aneka lemak dan minyak lemak
- b. Asam-asam lemak yaitu produk samping industri pemurnian (*refining*) lemak dan minyak-lemak.

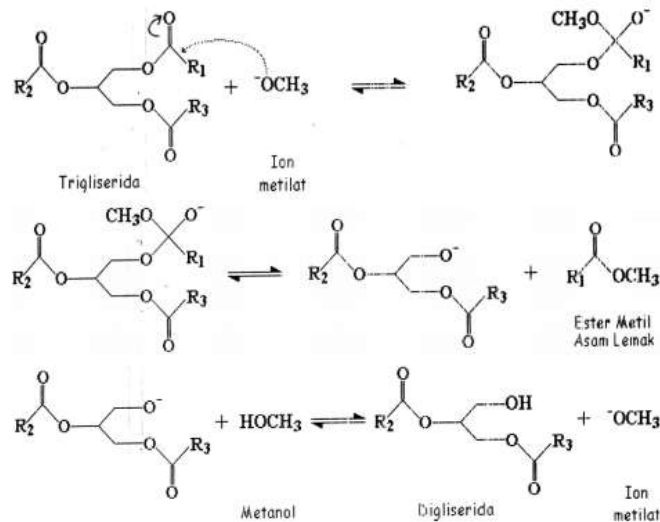
Biodiesel mentah dibuat dari trigliserida dan asam lemak dengan proses reaksi kimia yang masing-masing disebut transesterifikasi dan esterifikasi. Sumber alam utama dari trigliserida maupun asam lemak adalah lemak atau minyak-lemak (mentah) yang dapat diperoleh dari tumbuhan.

Transesterifikasi adalah penggantian gugus alkohol dari ester dengan alkohol lain dalam suatu proses yang menyerupai hidrolisis. Reaksi transesterifikasi dengan alkohol disebut juga alkoholisis. Tanpa adanya katalis reaksi akan berlangsung sangat lambat, oleh karena itu dalam transesterifikasi dibutuhkan katalis yang dapat berupa zat yang bersifat basa, asam, atau enzim.

Reaksi alkoholisis sendiri berlangsung dalam tiga tahap yaitu :



Katalis basa yang paling sering digunakan untuk reaksi transesterifikasi adalah natrium hidroksida, kalium hidroksida, natrium metilat, dan kalium metilat. Mekanisme reaksi pembentukan *Methyl Ester* asam lemak dengan menggunakan ion metilat adalah sebagai berikut :

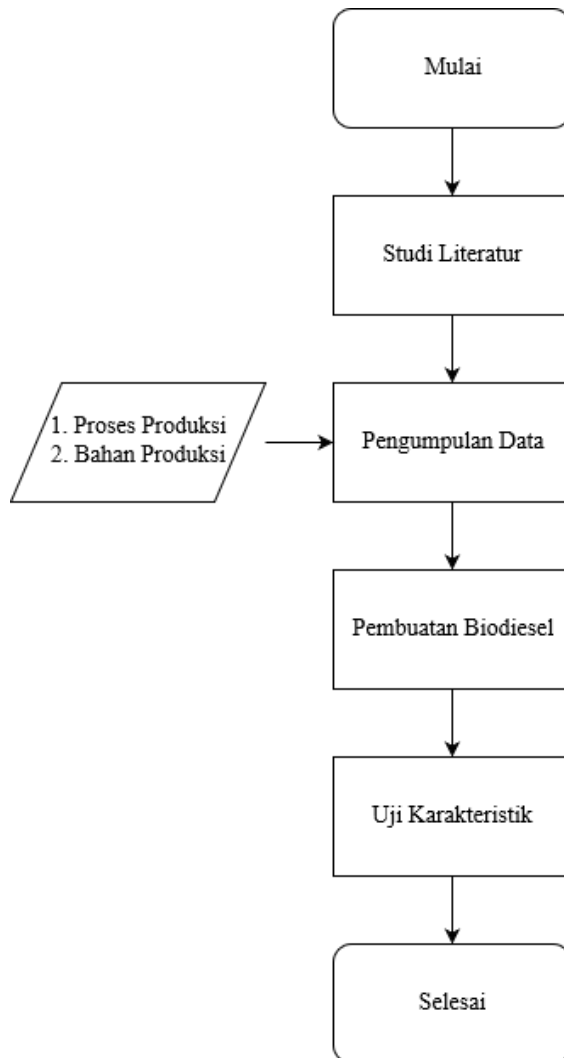


Gambar 2.2. Proses Pembentukan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME)

Dengan katalis basa reaksi alkoholisis berlangsung cepat dalam temperatur relatif rendah. Katalis yang ditambahkan biasanya sebanyak 0,5 – 1,5% dari berat minyak yang diolah.

BAB III METODOLOGI

Metode pengerjaan yang digunakan penulis dalam penelitian ini yaitu dengan metode eksperimen. Adapun diagram alur metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Flowchart Metodologi Penelitian

3.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori-teori yang dapat menunjang untuk penyelesaian permasalahan yang ada. Studi literatur didapatkan dari buku-buku, tugas

akhir, jurnal atau karya ilmiah lainnya. Pada penelitian ini, studi literatur yang dilakukan berfokus pada biodiesel makroalga, bagaimana proses pembuatan biodiesel dari makroalga serta karakteristiknya.

3.2. Pengumpulan Data

Persiapan pembuatan biodiesel dilakukan dengan mengumpulkan data proses pembuatan, bahan – bahan pembuatan serta hal – hal lain yang dibutuhkan. Data – data bahan yang dibutuhkan adalah

3.3. Pembuatan Biodiesel

Pembuatan biodiesel dari alga terbagi menjadi 3 tahap yaitu pengeringan, ekstraksi alga menjadi minyak nabati dan esterifikasi minyak nabati menjadi *Methyl Ester* [Zuhdi, 2005]. Metode pembuatan mengikuti metode yang telah dilakukan oleh Ahmed dkk (2012) yaitu :

4.1 Pengeringan

Pengeringan alga dilakukan dengan dijemur dibawa sinar matahari dan dikeringkan didalam oven hingga benar-benar kering.

4.2 Ekstraksi alga menjadi minyak nabati

Untuk dapat mengekstraksi minyak dari alga yang sudah kering terlebih dahulu alga dihaluskan menjadi bentuk bubuk kemudian diolah dengan metode sohxlet dengan membungkus bubuk alga tersebut ke dalam kertas saring dan diletakan pada wadah sohxlet, dibawahnya ditempatkan labu leher tunggal dengan cairan pelarut (*Solvent*) yaitu n-hexane sesuai dengan kapasitas siphon sohxlet. Cairan pelarut dipanaskan dengan pemanas (*Coating Heater*) sampai 200°C sehingga uap n-hexane tersebut masuk kedalam kertas saring dan keluar seiring dengan minyak dari alga. Siklus dinyatakan selesai jika minyak yang keluar tidak berwarna karena minyak nabati berwarna kekuning-kuningan sehingga jika cairan di shoxlet sudah tidak berwarna mengindikasi minyak nabati alga dalam kertas saring sudah habis. Hasil minyak kemudian dibersihkan dengan penyulingan.

4.3 Transesterifikasi minyak nabati menjadi *Methyl Ester*

Minyak nabati alga yang telah didapatkan merupakan senyawa *Triacylglycerols*, untuk mendapatkan biodiesel dilakukan proses transesterifikasi yaitu dengan mencampurkan *Triacylglycerols* dengan larutan methoxid. Methoxid adalah campuran alkohol (ethanol atau methanol) dengan katalis asam KOH (Potassium Hydroxide) Campuran methoxid yang paling optimal untuk alga ialah alkohol dengan rasio 4 : 1 dengan minyak nabati dan katalis asam sebesar 0,6% berat campuran. Campuran tersebut direaksikan dengan metode *hot plate* dengan temperature 50~60°C dengan kecepatan aduk 150 rpm selama

30 menit. Hasil esterifikasi tersebut ialah *Methyl Ester* dan *glyserin*. Pemisahan *Methyl Ester* dengan *glyserin* dapat dilakukan dengan corong pemisah.

3.4. Uji Karakteristik

Biodiesel yang telah dibuat akan dianalisis karakteristiknya melalui uji lab sesuai dengan standar. Pada analisis karakteristik ini akan diketahui karakteristik-karakteristik utama biodiesel dari makroalga.

Tabel 3.1. Standar SNI Biodiesel

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	Metode Uji
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850 – 890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4502
2	Viskositas Kinematik pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445
3	Angkata setana	min	51	ASTM D 613 atau ASTM D 6890
4	Titik nyala (mangkuk tertutup)	°C, min	100	ASTM D 93
6	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
7	Belerang	mg/kg, maks	100	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266 atau ASTM D 4294 atau ASTM D 2622

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Produksi Biodiesel

Untuk menjawab perumusan masalah pada Bab I yaitu bagaimana produksi biodiesel dari makroalga *Kappaphycus Alvarezii* maka dalam penelitian ini akan dilakukan eksperimen berupa pembuatan biodiesel. Pada makroalga berjenis *Kappaphycus Alvarezii* ini akan diambil minyak lemaknya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan campuran methoxid dalam proses transesterifikasi.

4.1.1 Makroalga (*Kappaphycus Alvarezii*)

Kappaphycus Alvarezii, *Elkhorn Sea Moss* (lumut laut ekor rusa) merupakan salah satu spesies alga merah. Habitat khasnya adalah daerah yang memperoleh aliran air laut yang tetap, variasi suhu harian yang kecil dan substrat batu karang mati. *Kappaphycus Alvarezii* berasal dari perairan filipina maupun perbatasan sabah, malaysia yang kemudian mulai banyak dikembangkan di negara-negara asia tenggara. Ciri fisik makroalga *Kappaphycus Alvarezii* adalah mempunyai thallus silindris, permukaan licin, cartilogeneus (menyerupai tulang rawan/muda) serta berwarna hijau terang, hijau olive dan coklat kemerahan. Percabangan thallus berujung runcing atau tumpul, ditumbuhi nodulus (tonjolan-tonjolan), mempunyai duri yang lunak tumpul untuk melindungi gametangia. Percabangan bersifat alternates (berseling), tidak teratur, serta dapat bersifat dichotamus (percabangan dua-dua) dan trichotamus (percabangan tiga-tiga). Umumnya *Kappaphycus Alvarezii* tumbuh dengan baik di daerah pantai terumbu (reef).



Gambar 4.1. Macroalga *Kappaphycus Alvarezii*
Sumber : species-id.net

Kappaphycus Alvarezii mempunyai tingkat perkembangan yang sangat tinggi sehingga dapat tumbuh hingga 2 kalinya dalam waktu 15 hari. *Kappaphycus*

Alvarezii dapat tumbuh hingga sepanjang 2 meter dan bewarna hijau atau kekuningan. Di Indonesia *Kappaphycus Alvarezii* banyak dikembangkan di wilayah Madura, Nusa Tenggara, Kalimantan Utara dan lainnya. Alga tersebut menjadi bahan dasar terbesar untuk karaginan.



Gambar 4.2. *Kappaphycus Alvarezii* Basah

Menurut Suwandi dkk (2016) jumlah kadar lemak asam pada makroalga *Kappaphycus Alvarezii* mencapai 42,4 % yang merupakan jumlah tertinggi dibandingkan jenis makroalga lain.

4.1.2 Pengeringan Makroalga

Makroalga yang baru dipanen mempunyai kandungan air yang sangat tinggi. Untuk hasil yang maksimal dalam ekstraksi minyak melalui metode Soxhlet maka makroalga harus dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air tersebut. Kandungan air yang terdapat pada *Kappaphycus Alvarezii* sangat tinggi, terdapat hingga 90% kandungan air sehingga hanya menyisakan 10 sampai 15% berat basah.

Pengeringan makroalga menggunakan panas sinar matahari kemudian dilanjutkan dengan pemanasan dengan oven hingga benar-benar kering. Sebelum memulai pengeringan terlebih dahulu makroalga dicuci hingga bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran serta menghilangkan sisa air laut yang menempel sehingga tidak ada garam yang menempel setelah dikeringkan. Pencucian yang kurang bersih akan meninggalkan kotoran – kotoran yang tampak ketika kering. Air laut yang masih menempel akan menyebabkan permukaan makroalga licin dan mengurangi kualitas kemurnian minyak hasil ekstraksi.



Gambar 4.3. Pengeringan Makroalga



Gambar 4.4. Pemanasan Dengan Oven



Gambar 4.5. Makroalga Kering

Pengeringan makroalga selain mengurangi kadar air untuk meningkatkan hasil ekstraksi juga menghilangkan zat klorofil yang terkandung dalam makroalga sehingga berwarna kekuningan.

4.1.3 Ekstraksi Minyak

Ekstraksi minyak makroalga *Kappaphycus Alvarezii* pada penelitian ini menggunakan metode ekstraksi soxhlet menggunakan pelarut n-hexane. Untuk dapat diekstraksi terlebih dahulu makroalga dihaluskan hingga menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, hal ini bertujuan agar minyak nabati makroalga dapat lebih cepat terserap kedalam pelarut n-hexane dan efisiensi wadah ekstraksi yang terbatas tinggi soxhlet. Menghaluskan makroalga menjadi bagian yang lebih kecil atau pembubukan dapat dilakukan dengan cara menumbuk ataupun memakai penggilingan.



Gambar 4.6. Bubuk Makroalga

Setelah makroalga menjadi bagian-bagian kecil, makroalga dikemas dalam kertas saring untuk kemudian dimasukkan dalam siphon soxhlet. Ukuran yang dapat diekstraksi dalam 1 kali proses menyesuaikan dengan ukuran soxhlet dalam penelitian ini yaitu 100 gram.



Gambar 4.7. Menimbang Makroalga

Kertas saring dibentuk menyesuaikan dengan dengan bentuk siphon soxhlet yang silinder dengan cara dimasukkan kedalam siphon soxhlet hingga kertas saring membentuk lipatan – lipatan. Kertas saring kemudian dibentuk dengan staples yang bertujuan membungkus bahan ekstraksi.



Gambar 4.8. Penyesuaian Ukuran Kertas Saring



Gambar 4.9. Pembentukan Kertas Saring

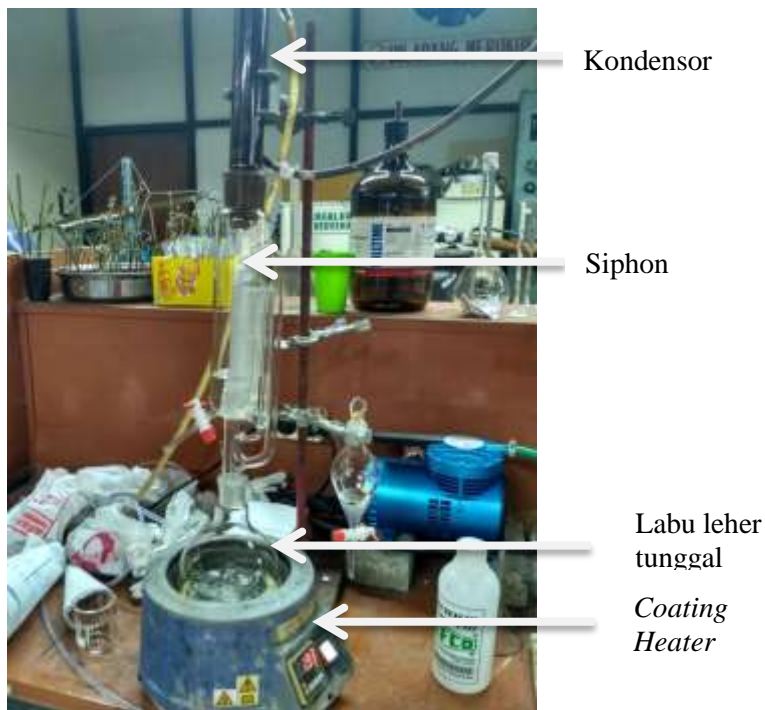


Gambar 4.10. Kertas Saring Yang Terisi Makroalga

Kemudian kertas saring yang telah diisi tersebut dimasukkan dalam wadah soxhlet, setelah itu pelarut sebanyak 400 ml dituang kedalam wadah soxhlet untuk memastikan soxhlet tidak bocor.



Gambar 4.11. Pelarut N-Hexane



Gambar 4.12. Rangkaian Soxhlet

Kondisi yang dibutuhkan untuk ekstraksi adalah pemanasan pelarut hingga menguap, pada pelarut n-hexane ini temperatur pemanasa diatur pada 200°C sehingga pelarut mendidih dan menguap. Uap pelarut yang menuju bagian atas siphon terkondensasi karena perbedaan suhu dengan kondensor yang teraliri dengan air. Uap dan tetesan pelarut akibat kondensor terserap kedalam kertas saring kemudian bercampur dengan makroalga sehingga menyerap minyak dari makroalga. Proses sohxlet dihitung dalam satuan siklus, pelarut yang telah mencapai batas pipa kapiler akan kembali menuju labu leher tunggal dan dihitung 1 siklus. Dengan temperatur 200°C pelarut dapat menyelesaikan 1 siklus dengan lama waktu 20 menit, saat pelarut pada siphon kembali tidak berwarna maka tandanya proses ekstraksi sudah selesai. Pada percobaan ekstraksi ini ekstraksi selesai pada siklus ke-7.



Gambar 4.13. Siphon Soxhlet

Ketika ekstraksi selesai yaitu ketika pelarut tidak kekuningan maka dilakukan pemisahan pelarut dengan minyak makroalga dengan cara menguapkan pelarutnya. Untuk menilai bahwa cairan yang tertinggal hanya merupakan minyak nabati dapat diamati dari bau maupun kekentalan. Bau larutan yang menyengat maupun keenceran dari minyak menandakan masih terdapat pelarut didalam cairan hasil ekstraksi.



Gambar 4.14. Minyak Hasil Ekstraksi

Setelah didapatkan minyak yang bersih dari pelarut kemudian dapat diperhitungan berapa besar *yield* atau kandungan minyak pada makroalga *Kappaphycus Alvarezii* dengan cara menimbangkan berat minyak bersama botol dibandingkan dengan berat kosong botol.

Untuk memperhitungkan nilai *yield* minyak dihitung selisih antara botol berisi minyak dan botol kosong lalu dibagi dengan nilai berat bahan yang dipergunakan. Botol berisi minyak bernilai 87,81 gram, botol kosong berberat 86,14 gram sedangkan berat bahan yang dipergunakan ialah sebesar 100gram sehingga didapatkan *yield* minyak makroalga *Kappaphycus Alvarezii* ialah sebesar 1,672 gram per 100 gram bahan atau 1,672% [Purwanti 2014, El Shimi et al 2015]

4.2 Uji Karakteristik

Uji karakteristik pada minyak makroalga *Kappaphycus Alvarezii* perlu dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel. Beberapa karakteristik yang perlu diketahui adalah kadar *free fatty acid* (FFA) dan viskositas yang nilainya dapat menjadi indikasi kualitas setelah diolah menjadi biodiesel

4.2.1 Densitas

Uji densitas pada penelitian ini menggunakan pengukuran melalui botol pycnometer, pycnometer yang dipakai adalah pycnometer dengan ukuran volume 10ml. Pengujian dengan pycnometer terlebih dahulu ditimbang berat botol kosong pycnometer.



Gambar 4.15. Berat Kosong Botol Pycnometer

Setelah didapatkan berat kosong dari botol pycnometer seberat 15,19 gram kemudian minyak makroalga dimasukkan kedalam botol pycnometer sebanyak 1ml yang diambil menggunakan pipet ukur. Untuk memenuhi ukuran 10ml ditambahkan pelarut n-hexane yang densitasnya sudah diukur yaitu 643 kg/m^3 sebanyak 9ml. Botol pycnometer yang sudah terisi penuh kemudian ditimbang beratnya untuk didapatkan berat selisihnya dengan botol yang kosong,



Gambar 4.16. Berat Terisi Botol Pycnometer

Berat botol pycnometer yang terisi yaitu sebesar 21,82 gram sehingga dapat dihitung densitas dari minyak makroalga yaitu dengan perhitungan $\rho_1 = (21,82 - 15,19) - (9\text{ml} \times 643 \text{ kg/m}^3)$ maka didapatkan nilai densitas minyak makroalga sebesar 849 kg/m^3 .

4.2.2 Viskositas

Viskositas cairan dapat diukur menggunakan viscometer ostwald dengan cara mengisi viscometer dengan cairan yang akan diuji lalu pada sisi kapiler yang merupakan titik pengukuran cairan ditarik menggunakan karet penghisap hingga sampai di titik pengukuran. Untuk mengetahui nilai viskositas dari viscometer ostwald dihitung waktu yang dibutuhkan cairan dari titik atas sampai pada titik bawah pengukuran.



Gambar 4.17. Viscometer Ostwald

Pada pengukuran didapatkan waktu yang dibutuhkan minyak untuk turun ada selama 7 menit. Nilai viskositas pada viskometer ostwald yaitu waktu yang dibutuhkan dikali dengan massa jenis bahan yang diuji atau pada bahan ini yaitu 0,849 gr/ml sehingga didapatkan viskositas sebesar 6 cSt.

4.2.3 Free Fatty Acid (FFA)

Nilai *free fatty acid* (FFA) pada minyak nabati dapat menyebabkan penyabunan pada proses pembentukan sebagai biodiesel. Hal ini tentunya tidak diinginkan untuk terjadi terdapat batas maksimal untuk memaksimalkan proses transesterifikasi yaitu sebanyak 3%. Untuk mengetahui kadar FFA dapat menggunakan metode titrasi dengan menggunakan NaOH dan indikator PP (Phenophtalein)

Hal yang pertama dilakukakn adalah membentuk larutan NaOH dengan air dengan normalitas yang telah ditentukan yaitu 0,1 sehingga bahan yang dibutuhkan ialah 0,4gr dan 100 ml air murni.



Gambar 4.18. Larutan NaOH

Kemudian minyak makroalga sebanyak 0,5 gram atau 0,56 ml dicampurkan dengan alkohol murni sebanyak 15ml untuk memudahkan visualisasi dan pencampuran lalu dipanaskan hingga larut. Bahan yang sudah siap diposisikan sejajar dengan buret yang sudah terisi larutan NaOH untuk memudahkan penetesan. Larutan bahan kemudian ditetesi Indikator PP sebanyak 2 tetes.



Gambar 4.19. Buret Dan Larutan

Untuk mengetahui kadar FFA pada titrasi ini yaitu dengan mengukur berapa banyak larutan NaOH hingga larutan berubah menjadi merah muda dan warnanya tidak berubah selama kurun waktu 30 detik. Pada titrasi ini larutan bahan berubah warna menjadi merah muda pada 35 tetes atau 1,75 ml larutan NaOH sehingga sesuai perhitungan $FFA = 25,6(\text{berat jenis asam lemak}) \times \text{jumlah larutan NaOH} \times \text{Normalitas NaOH/Berat Bahan}$ didapatkan nilai kadar FFA sebesar 8,96%.



Gambar 4.20. Larutan Berubah Kemerahan

Pada uji karakteristik ini didapatkan nilai-nilai karakteristik minyak mentah makroalga *Kappaphycus Alvarezii* sebagai berikut :

Tabel 4.1. Karakteristik Minyak Makroalga

Karakteristik	Hasil
Densitas	849 kg/m ³
Viskositas	5,96 cSt
Kadar FFA	8,96%

4.3 Pembahasan

Dalam eksperimen yang telah dilakukan hasil minyak mentah yang didapatkan dari ekstraksi makroalga *Kappaphycus Alvarezii* adalah sebanyak 1,67% atau 1,67 gram (1,4 ml) setiap 100 gram makroalga *Kappaphycus Alvarezii* kering. Hasil tersebut merupakan hasil paling maksimum yang didapatkan pada eksperimen yang telah dilakukan menggunakan makroalga *Kappaphycus Alvarezii* ini. Minyak hasil ekstraksi yang didapatkan ini jika dibandingkan dengan beberapa *yield* makroalga berjenis lain pada tabel 4.2. – 4.4. maka hasil yang telah didapatkan menggunakan makroalga *Kappaphycus Alvarezii* ini bukan merupakan jenis makroalga yang menghasilkan minyak terbanyak.

Tabel 4.2. *Yield* Makroalga Hijau

Alga Hijau		
Nama Spesies	<i>Yield</i>	Ketersediaan di Indonesia
<i>Ulva Lactuca</i> ⁽¹⁾	6,20%	✓
<i>Ulva Linza</i> ⁽²⁾	4,14%	✗
<i>Ulva Pertusa</i> ⁽³⁾	2,70%	✓
<i>Codium Tomentosum</i> ⁽⁴⁾	0,96%	✓
<i>Ulva Rigida</i> ⁽⁴⁾	0,47%	✓
<i>Enteromorpha Intestinalis</i> ⁽⁴⁾	0,29%	✓

Tabel 4.3. *Yield* Makroalga Cokelat

Alga Cokelat		
Nama Spesies	<i>Yield</i>	Ketersediaan di Indonesia
<i>Undaria Pinadifida</i> ⁽²⁾	6,20%	×
<i>Aschophyllum Nodosum</i> ⁽³⁾	4,80%	✓
<i>Bifurcaria Bifurcata</i> ⁽⁴⁾	3,20%	×
<i>Padina Pavonica</i> ⁽²⁾	3,01%	✓
<i>Sargassum Tennerimum</i> ⁽⁵⁾	3,00%	✓
<i>Pelvitia Canaliculata</i> ⁽⁴⁾	2,70%	×

Tabel 4.4. *Yield* Makroalga Merah

Alga Merah		
Nama Spesies	<i>Yield</i>	Ketersediaan di Indonesia
<i>Jania Rubens</i> ⁽²⁾	2,51%	✓
<i>Kappaphycus Alvarezii</i>	1,67%	✓
<i>Gelidium Amansii</i> ⁽¹⁾	1,10%	✓
<i>Caliblepharis Ciliata</i> ⁽⁴⁾	0,27%	×
<i>Plocamium Cartilagineum</i> ⁽⁴⁾	0,19%	✓
<i>Ceramium Rubrum</i> ⁽⁴⁾	0,14%	×

⁽¹⁾ Wei *et al*, 2013

⁽²⁾ El Maghraby & Fakhry, 2014

⁽³⁾ Ghadiryanfar *et al*, 2015

⁽⁴⁾ Maceiras *et al*, 2011

⁽⁵⁾ Khan *et al*, 2017

Dari hasil beberapa penelitian terlihat bahwa jenis makroalga hijau *Ulva Lactuca* dan makroalga cokelat *Undaria Pinadifida* unggul dalam jumlah kandungan minyak namun hanya makroalga hijau *Ulva Lactuca* yang tersedia di Indonesia sehingga dapat menjadi rekomendasi dalam penelitian sebagai bahan baku biodiesel. Makroalga *Kappaphycus Alvarezii* di sisi lain mempunyai *yield* yang termasuk tinggi pada makroalga sejenisnya yaitu makroalga merah, makroalga *Kappaphycus Alvarezii* di Indonesia memiliki kelebihan dalam jumlah budidaya yang lebih tinggi daripada jenis makroalga lainnya sehingga mempunyai jumlah produksi yang besar [Valderrama *et al*, 2015]. Hasil ekstraksi minyak makroalga *Kappaphycus Alvarezii* yang didapatkan pada penelitian ini diperkirakan kurang optimal dan belum terekstraksi seluruhnya, pengaruh pada berbagai faktor yang mungkin dapat mempengaruhi nilai *yield* pada makroalga dianalisis hingga didapatkan beberapa poin yaitu :

1. Umur Sampel Makroalga
2. Lokasis Budidaya Makroalga
3. Proses Pengeringan
4. Proses Ekstraksi

1. Umur Sampel Makroalga (*Kappaphycus Alvarezii*)

Makroalga yang digunakan dalam eksperimen ini yaitu makroalga *Kappaphycus Alvarezii* yang didapatkan dari Desa Tanjung, Saronggi, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur. Makroalga yang didapatkan merupakan rumput laut yang dibudidayakan oleh petani setempat yang kemudian disetorkan kepada beberapa industri olahan rumput laut. Menurut petani, makroalga ini dibudidayakan dalam rentang waktu yaitu 20-30 hari yang kemudian dipanen, hal ini dikarenakan makroalga yang diperkirakan sudah berkembang hingga 2 kali lipatnya, hal ini didukung oleh laju pertumbuhan makroalga *Kappaphycus Alvarezii* yaitu hingga 5,2% per hari [Kavale *et al*, 2014]. Umur makroalga ini tidak sesuai dengan umur makroalga yang di prediksi oleh Suwandi dkk (2016) yaitu dengan rentang budidaya hingga 40 hari ataupun penelitian oleh Putra dkk (2011), Johnson & Gopakumar (2011) dan Kavale dkk (2014) yang menyatakan bawah makroalga siap panen setelah berusia 45 hari sehingga di perkirakan umur dari makroalga ini mempengaruhi dari jumlah minyak yang terkandung pada makroalga yang diolah. Penggunaan makroalga yang muda ditengarai mengakibatkan lebih banyak energi yang digunakan untuk pertumbuhan sehingga tidak banyak energi yang tersimpan sebagai cadangan energi yang salah satunya adalah *Tryciliglycerol* yang berupa minyak nabati [Cohen, 1999]

2. Lokasi Budidaya Makroalga

Lokasi budidaya tumbuhan mempunyai pengaruh terhadap jumlah kadar serta karakteristik minyak didalamnya sehingga lokasi budidaya makroalga *Kappaphycus Alvarezii* yang dibudidayakan di desa tanjung ini diyakini menjadi salah satu penyebab sedikitnya kandungan minyak.. Pembudidayaan makroalga untuk kebutuhan sebagai bahan baku biodiesel sedikit berbeda dengan budidaya untuk kebutuhan industri lainnya. Untuk kebutuhan industri lainnya dibutuhkan kecepatan dalam waktu produksi biomass yang besar. Produksi yang besar dapat dipenuhi dengan peningkatan jumlah kadar nitrogen [Larned, 1998; Menendez *et al*, 2002; Barile *et al*, 2004]. Peningkatan kadar nitrogen dalam sarana budidaya terbukti meningkatkan pertumbuhan makroalga *Kappaphycus Alvarezii* [Larned, 1998]. Selain itu kadar pH dalam budidaya juga turut mempengaruhi nilai pertumbuhan makroalga [Middleboe & Hansen, 2007]. Nilai pH yang rendah menjadikan perairan menjadi lebih bernutrisi [Behrends & Liebezeit, 2003].

Metode Scrubber pada kapal untuk mengurangi emisi khususnya SOx dan NOx ditemukan berpengaruh baik pada pertumbuhan makroalga [Lange *et al*, 2015]. SOx dan NOx yang dibuang bersama limbah air scrubber bersifat asam sehingga menurunkan pH perairan sekitar pembuangan [Behrends & Liebezeit, 2003, Kjoholt *et al*, 2012; Lange *et al*, 2015]. Limbah scrubber yang dibuang juga sementara meningkatkan temperatur dan memperkeruh perairan sekitar pembuangan [Lange *et al*, 2015]. Pada beberapa spesies naiknya temperatur perairan budidaya yang lebih tinggi turut berpengaruh pada bertambahnya jumlah lipid dan fatty acid yang terkandung, kekeruhan pada perairan membuat tingkat

pencahayaan berkurang yang juga mengakibatkan naiknya kadar fatty acid [Cohen, 1999].

Penambahan kadar nitrogen menambah tingkat pertumbuhan makroalga namun pembatasan kadar nitrogen pada alga ditemukan mengalami peningkatan kadar *Tryachilglycerol* [Cohen, 1999]. Pada percobaan pembatasan kadar nitrogen oleh Shifrin dan Chishol (1981) didapatkan kenaikan 130-320% konten minyak dalam 15 strain klorofil. Peningkatan kadar nitrogen dan pencahayaan akan meningkatkan tingkat pertumbuhan makroalga secara signifikan namun pengurangan kadar nitrogen dan pencahayaan ditemukan dapat meningkatkan kadar minyak yang tentu akan berakibat baik sebagai bahan baku biodisel sehingga penelitian untuk kadar yang cocok bagi budidaya makroalga sebagai bahan baku biodiesel perlu diteliti lebih lanjut.

3. Proses Pengeringan

Proses pengeringan merupakan proses terpenting sebelum dilakukannya ekstraksi, pengeringan yang baik dapat mempengaruhi nilai dari kadar minyak yang akan dihasilkan oleh bahan yang akan diekstrak minyaknya. Penelitian oleh Suparno dkk (2015) semakin tinggi suhu yang digunakan dan semakin lama pengeringan berlangsung kandungan minyak yang dapat dihasilkan semakin tinggi. Diperkirakan proses pengeringan dengan oven yang temperatur dan lama waktunya tidak dikontrol membuat kandungan air dalam makroalga *Kappaphycus Alvarezii* masih tersisa sehingga minyak yang dihasilkan berkurang.

Proses lain sebelum dilakukannya ekstraksi adalah penggilingan atau pembubukan. Penelitian oleh Gamayel dkk (2011) membuktikan bahwa semakin kecil partikel bahan yang akan diekstraksi maka semakin banyak pula minyak yang didapatkan dari hasil ekstraksi. Banyaknya hasil ekstraksi terhadap kecilnya partikel bahan dipengaruhi oleh efektifitas pelarut pada ekstraksi, semakin kecil partikel bahan yang akan diekstraksi semakin mudah pelarut melakukan penetrasi kedalam membran sel dan melarutkan minyak yang terkandung didalamnya. Pada penelitian ini makroalga *Kappaphycus Alvarezii* dihancurkan menjadi bagian – bagian kecil dengan cara menumbuk sampai halus diperkirakan ukuranya masih besar dan masih dapat dihancurkan lebih kecil menggunakan mesin penggilingan sehingga minyak yang dihasilkan kurang optimal.

4. Proses Ekstraksi

Ekstraksi minyak makroalga pada penelitian ini menggunakan ekstraksi kimia yaitu metode ekstraksi soxhlet dengan pelarut yakni n-hexane. Ekstaksi kimia diyakini memiliki efisiensi tertinggi dibandingkan metode lainnya [Rocca, 2015]. Cara kerja dari metode tersebut yaitu dengan mengeringkan bahan makroalga terlebih dahulu yang dimaksudkan agar membran plasma dari makroalga melemah serta kemampuan menahan minyaknya melemah [Browne *et al*, 2009; Li *et al*, 2014; Kanda *et al*, 2015]. Kemudian pelarut n-hexane menembus dinding-dinding sel dan

melarutkan kandungan minyak didalamnya. Minyak yang telah larut bersama n-hexane dipisahkan melalui distilasi n-hexane dengan cara dipanaskan [Browne *et al*, 2009; Kanda *et al*, 2015].

Ekstaksi menggunakan metode soxhlet dengan pelarut n-hexane merupakan metode yang paling umum digunakan sebagai metode ekstaksi minyak dari alga [Browne *et al*, 2009; Kanda *et al*, 2015; Putra *et al*, 2015; Wati & Motto, 2011]. Pelarut n-hexane merupakan senyawa non-polar sehingga dapat dengan efektif melarutkan minyak yang dasarnya adalah senyawa netral/non-polar [Li *et al* 2014, Wati & Motto 2011]. Metode soxhlet menggunakan pelarut hexane dapat menghasilkan 92% dari kandungan minyak yang berada pada bahan [Zuhdi & Sukardi 2005]. Penelitian oleh Wati & Motto (2011) juga mengungkapkan bahwa ekstraksi alga menggunakan n-hexane mendapatkan nilai ekstraksi yang lebih tinggi dari pelarut lain.

Methanol dan kloroform sebagai pelarut pada percobaan yang dilakukan oleh El Shimi (2015) ditemukan sebagai campuran yang paling efisien dalam ekstraksi minyak dari alga. Methanol yang merupakan senyawa polar dicampurkan dengan kloroform yang merupakan senyawa non polar, kedua larutan tersebut mempunyai efisiensi yang paling tinggi yaitu 10,88 % bahkan melebihi efisiensi n-hexane yang berada pada 7,95%. Menurut El Shimi (2015) penggunaan campuran methanol dan kloroform mempunyai efisiensi melarutkan minyak alga yang sangat tinggi namun mempunyai tingkat bahaya yang mematikan ketika digunakan sehingga larutan methanol yang mempunyai efisiensi 10,78 % lebih disarankan sebagai pelarut dalam metode soxhlet untuk alga. Methanol sebagai pelarut minyak alga juga digunakan dalam beberapa penelitian oleh Purwati (2014), Roesijadi dkk (2010), dan Selvan dkk (2014). Methanol yang merupakan senyawa polar dalam ekstraksi juga turut menarik beberapa senyawa polar pada alga seperti phosfolipid dan glycolipid sehingga terdapat residu setelah ekstraksi sehingga harus dilakukan pembersihan dengan air murni dan dipisahkan dengan corong pemisah.

Menurut Li dkk (2014) efisiensi dari ekstraksi bergantung pada polaritas pelarutnya sedangkan dari percobaan yang dilakukan oleh Wati & Motto (2011) dan El Shimi (2015) hasil yang didapatkan dari dua pelarut yang sama dengan bahan berbeda dapat menghasilkan kadar minyak yang berbeda pula. Hasil yang berbeda dari dua pelarut yang sama-sama digunakan membuat tidak adanya standar ekstraksi yang sama [Li *et al*, 2014]. Pada eksperimen yang telah dilakukan memakai larutan n-hexane tidak mendapatkan hasil yang diharapkan sehingga percobaan dengan penggunaan larutan methanol diprediksi dapat menambah hasil ekstraksi minyak dari makroalga *Kappaphycus Alvarezii*.

Pada percobaan memakai pelarut methanol senyawa minyak yang dasarnya non-polar menjadi larut pada methanol yang merupakan senyawa polar memerlukan penambahan n-hexane untuk mengambil minyak yang terkandung dalam larutan minyak yang larut pada methanol sehingga tidak larut pada air saat pembersihan

residu. Perkiraan minyak yang didapatkan dari ekstraksi methanol yaitu naiknya nilai densitas dan nilai kadar *free fatty acid* (FFA) serta turunya nilai viskositas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan pada laporan ini yang mengacu pada referensi – referensi terkait, maka dapat ditarik kesimpulan untuk hasil penelitian yang telah dilaksanakan ini adalah sebagai berikut :

1. Proses pembuatan biodiesel dari makroalga *Kappaphycus Alvarezii* terdiri atas 3 proses utama yaitu pengeringan, ekstraksi dan transesterifikasi. Proses pengeringan melalui panas matahari dan oven menghasilkan makroalga kering hingga 15%, ekstraksi menggunakan metode soxhlet didapatkan *yield* makroalga *Kappaphycus Alvarezii* sebesar 1,672%.
2. Karakteristik yang didapatkan adalah karakteristik minyak nabati makroalga *Kappaphycus Alvarezii* yaitu densitas 849 kg/m³, viskositas 6 cSt dan kadar FFA 8,96%

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang didapatkan terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Pemilihan makroalga dari petani harus memperhatikan perlakuan budidayanya untuk mendapatkan konten minyak nabati yang tinggi.
2. Proses pengeringan perlu diteliti untuk mengukur tingkat pemanasan semaksimal mungkin hingga sekering – keringnya tanpa merusak kandungan minyak dan asam lemak dari makroalga.
3. Proses penggilingan makroalga harus dilakukan secara maksimal hingga menjadi bagian-bagian terkecil atau serbuk dengan ukuran yang sangat kecil sehingga proses ekstraksi lebih efektif.
4. Proses ekstraksi yang lebih tepat untuk makroalga *Kappaphycus Alvarezii* perlu diteliti untuk mendapatkan nilai *yield* yang maksimal.
5. Penelitian lebih banyak terhadap jenis – jenis makroalga yang berbeda sehingga mengetahui makroalga yang lebih banyak mengandung minyak nabati.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed AS., Khan S., Hamdan S., Rhaman MR., Islam MS., Maleque MA., 2012, *"Biodiesel Production from Macro Algae as a Green Fuel for Diesel Engine"*
- Barile PJ., Lapointe BE., Capo TR., 2004, *"Dietary Nitrogen Availability in Macroalgae Enhances Growth of The Sea Hare Aplysia California (Ophysthobranchia: Anaspidea)"*
- Behrends B., Liebezeit G., 2003, *"Reducing SO₂ and NO_x Emissions from Ship By a Seawater Scrubber"*
- Browne B., Gibbs R., Mcleod J., Parker M., Schwanda W., Warren K., 2009, *"Oil Extraction from Microalgae"*
- Cohen, Z. 1999. *"Chemicals from Microalgae"*
- El Maghraby DM., Fakhry EM., 2014, *"Lipid Content And Fatty Acid Composition of Mediterranean Macro-algae As Dynamic Factor for Biodiesel Production"*
- El Shimi HI., Attia NK., Allah AAA., El Sheltawy ST., El Diwani GI., 2015, *"Quality Profile of Spirulina-plantensis Oilgae Extraction for Biodiesel Production"*
- Gamayel A., Winarta A., 2011, *"Analisis Rendeman Minyak Jarak Dengan Variasi Ukuran Serbuk Pada Metode Pelarutan Dan Kelayakan Sebagai Bahan Bakar Alternatif"*
- Ghadiryantar M., Rosentrater KA., Keyhani A., Omid M., 2015, *"A Review of Macroalgae Production, With Potential Applications In Biofuels And Bioenergy"*
- Kanda H., Li P., Goto M., Makino H., 2015, *"Energy-Saving Lipid Extraction from Wet Euglena Gracilis By The Low-Boiling-Point Solvent Dimethyl Ether"*
- Khan AM., Ameen M., Fatima N., 2016, *"Production of Green And Renewable Biodiesel from Marine Brown Algae Sargassum Tenerimum"*
- Kjoholt J., Aakre S., Jurgensen C., Lauridsen J., 2012, *"Assesment of Possible Impacts of Scrubber Water Discharges on The Marine Environtment"*
- Kuncahyo P., Zuhdi MFA., Semin, 2013, *"Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia"*
- Lange B., Markus T., Helfst LP., 2015, *"Impact of Scrubber on The Environtmental Situation in Port and Coastal Water"*
- Larned ST., 1998, *"Nitrogen- Versus Phosporus- Limited Growth and Sources of Nutrients for Coral Reef Macroalgae"*
- Li Y., Naghdi FG., Garg S., Catalina TAV., Thurecht KJ., Ghafor WA., Tannock S., Schenk PM., 2014, *"A Comparative Study: The Impact of Different Lipid Extraction Methods on Current Microalgal Lipid Research"*
- Maceiras R., Rodriguez M., Cancela A., Urrejola S., Sanchez A., 2010, *"Macroalgae: Raw Material for Biodiesel Production"*
- Menendez M., Herrera J., Comin FA., 2002, *"Effect of Nitrogen and Phosporus Supply on Growth, Chlorophyll Content and Tissues Composition of The Macroalgae Chaelomrpha Linum (O.F. Mull.) Kutz in a Mediterranean Coastal Lagoon"*

- Middleboe AL., Hansen PJ., 2007, "*Direct Effect of pH and Inorganic Carbon on Macroalgal Photosynthesis and Growth*"
- Purwanti A., 2014, "*Pengambilan Lipid Dan Macroalga Basah Dengan Cara Ekstraksi Dalam Autoklaf*"
- Putra AP., Zuhdi MFA., Ariana IM., 2013, "*Potensi Penggunaan Makroalga Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodisel Untuk Suplemen MDO*"
- Rocca S., Agostini A., Giuntoli J., Marelli L., 2015, "*Biofuels from Algae: Technology Options, Energy Balance and GHG Emissions*"
- Roesijaddi G., Jones SB., Snowden-Swan LJ., Zhu Y., 2010, "*Macroalgae As A Biomass Feedstock: A Preliminary Analysis*"
- Selvan KB., Piriya SP., Chandrasekhar M., Vennison JS., 2014, "*Macro Algae (Euchema Cottoni and Sargassum Sp.) Are Reservoir of Biodiesel and Bioactive Compounds*"
- Shifrin NS., Chisholm SW., 1981, "*Phytoplankton Lipids: Interspecific Different and Effects of Nitrate, Silicate, and Light-Dark Cycles*"
- Suparno O., Kartika IA., Muslich., Andayani GN., Sofyan K., 2015, "*Optimasi Pengeringan Biji Karet (Hevea Brasiliensis) Pada Ekstraksi Minyak Biji Karet Untuk Penyamakan Kulit*"
- Suwandi IM., Zuhdi MFA, Suprajitno T., 2016, "*Prediksi Kawasan Laut Dangkal yang Sesuai Untuk Pengembangan Budidaya Alga Sebagai Bahan Baku Biodiesel Indonesia*"
- Triantoro K., 2008, "*Alga Mikro Scenedesmus Sp. Sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Baku Biodiesel di Indonesia*"
- Valderrama D., Cai J., Hishamunda N., Ridler N., Neish C., Hurtado AQ., Msuya FE., Krishnan M., Narayanakumar R., Kronen M., Robledo D., Gasca-Leyva E., Fraga J., 2015, "*The Economics of Kappaphycus Seaweed Cultivation in Developing Countries: A Comparative Analysis of Farming Systems*"
- Wagner L., 2007, "*Biodiesel From Algae Oil*"
- Wati A., Motto SA., 2011, "*Ekstraksi Minyak Dari Mikroalga Jenis Chlorella Sp. Berbantuan Ultrasonik*"
- Wei N., Quarterman J., Jin Y., 2013, "*Marine macroalgae: An Untapped Resource for Producing Fuels And Chemicals*"
- Zuhdi MFA., Sukardi, 2005, "*Alga Sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Baku Biodiesel di Indonesia*"

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Yugo Adi Prawita lahir pada tanggal 4 September 1994 di Surabaya. Merupakan anak terakhir dari empat bersaudara Bapak Sriyono dan Ibu Sumiyati. Penulis menempuh jenjang pendidikan formal di SD Negeri 4 Sawahan Surabaya, SMP Negeri 21 Surabaya, SMA Sejahtera Surabaya. Lulus SMA pada tahun 2012, penulis kembali melanjutkan pendidikannya pada tahun 2013 melalui Jalur SBMPTN dan diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS Program S1 dengan nomor registrasi pokok 4213100087. Selama perkuliahan penulis aktif dalam berbagai kegiatan yaitu Gerigi 2014 sebagai Wakil Ketua OC, Gerigi 2015 sebagai SC, Marine Icon 2014 dan 2015 sebagai panitia Marine Photography Contest, Marine Icon 2016 sebagai Ketua Sie "Soft Opening", dan HCD 32 Tahun Marine Engineering sebagai Ketua Desain, Dekorasi dan Dokumentasi. Penulis juga sempat aktif sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan Himasiskal sebagai Kadiv Kaderisasi Departemen PSDM periode tahun 2015/2016. Pada tahun ke-empat perkuliahan, penulis terdaftar sebagai anggota aktif laboratorium Marine Power Plant dan turut serta sebagai teknisi dalam praktikum Marine Diesel maupun Marine Diesel Assembly Marine Icon 2017.

Halaman ini sengaja dikosongkan